

空気さく岩機の性能に関する基礎的研究

著者	高橋 義雄
号	424
発行年	1978
URL	http://hdl.handle.net/10097/11373

氏 名 ^{たか}高 ^{はし}橋 ^{よし}義 ^お雄

授 与 学 位 工 学 博 士

学位授与年月日 昭和 5 4 年 2 月 7 日

学位授与の根拠法規 学位規則第 5 条第 2 項

最 終 学 歴 昭和 3 2 年 3 月

秋田大学鉱山学部鉱山電機学科機械工学課程卒業

学 位 論 文 題 目 空気さく岩機の性能に関する基礎的研究

論 文 審 査 委 員 東北大学教授 川島 俊夫 東北大学教授 石浜 渉

東北大学教授 小林 良二 東北大学教授 斎藤 秀雄

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 緒 論

空気さく岩機の性能に関する研究はいずれも穿孔能率の向上をはかることにある。その性能を向上させるためには、特定の機種を使用して実際の岩石を穿孔する応用的研究が必要であることはいうまでもない。しかし、岩石を破碎するために十分な打撃力を持つさく岩機を選定しなければならぬ点を考慮すれば、打撃速度、打撃数、空気消費量および正味熱効率などさく岩機自体の性能に関する基礎的研究として、理論的ならびに実験的研究がとくに重要な課題となってくる。

しかるに、従来の空気さく岩機自体の性能に関する研究を見ると、理論上不備であったり、また、最も構造簡単な特定の機種に限定された実験であったため、広く使用されている全自動型バルブによるさく岩機の基礎的資料としては不十分である。

本研究は、空気さく岩機の性能に関し基礎的研究として、ピストンの運動と全自動型バルブの挙動とを関連させ、入気圧力、排気圧力、圧縮空気の入気量とその時期、さく岩機の寸法諸元など基本的因子が性能におよぼす影響について理論的ならびに実験的に検討を行ない、かつ、両者を比較した。さらに、これらの結果をふまえ、性能におよぼす諸因子の組合せを無次元化することにより、性能指数なるものを導き、この性能指数と正味熱効率との関連性を検討するなど、性能を向上させるための基礎的資料を求めたものである。

第2章 空気さく岩機の性能に関する理論的研究

ピストンの運動方程式、連続の式、状態方程式ならびにエネルギー方程式に加え、新たにピストンの運動とバルブの挙動とを関連させた新しい性能に関する理論式を提示した。次いで、理論式の妥当性を確かめるため、型式の異なる2種のさく岩機による実測値と理論式より求められる理論値とを比較検討した結果、十分なる精度で本理論式がさく岩機の性能を解析するために使用できることを示した。

さらに、性能におよぼす諸因子について理論的検討を行ない、次の結果を得た。

- (1) ピストンの重量が軽いほど単位時間当りの打撃エネルギーは増大するが、正味熱効率には大きな影響を与えない。
- (2) ピストン前、後室側の受圧面積比を大きくすると、ピストンストロークが減少し、打撃速度は増大する。また、両側の受圧面積比と前室の圧縮比とは相互に関係し、常用の入気圧力によって正味熱効率を最大にする最適値が存在する。これは、さく岩機を設計する場合、とくに考慮すべき因子である。
- (3) シリンダー内前室容積には、入気圧力の大きさによって最適値が存在する。また、シリンダー内後室容積の増大は、ピストンストロークを大きくして打撃数を減少させるが、打撃速度、ピストン打撃エネルギーおよび正味熱効率を増加させると同時に、反動力を小さくする効果がある。

第3章 空気さく岩機の性能におよぼす空気圧の影響に関する実験的研究

さく岩機の性能を実験的に調べて、その性能の向上に関する基礎的資料を得るために最も適しているさく岩機として、現在広く使用され、かつ、最も一般的な構造を持つライフルバー型である全自動型バルブを有するTY 16型さく岩機を用いた。さく岩機の性能の解析に不可欠な空気消費量、ピストンの変位、バルブの挙動、入気圧力およびシリンダー内前、後室の圧力などを同時に測定できる実験装置ならびに実験方法によって、基本的因子である空気圧、すなわち、入気圧力およびシリンダー内排気圧力の性能への影響について検討を行ない、また、さく岩機の騒音と排気圧力との関連性についても検討を加えた。

その結果、入気圧力の影響に関しては、さく岩機の各性能値は正味熱効率を除いて、入気圧力の増加とともに大きくなるが、正味熱効率の低下率は非常に小さく、高圧ではほとんど一定になることを確かめた。

また、全自動型バルブの平均速度は入気圧力の増加とともに直線的に大きくなるが、シリンダー内前、後室に入気する時期は、ピストン前進、後退行程とも入気圧力に無関係に、ピストンストローク上の一定位置であることを示し得た。

さらに、シリンダー内の排気圧力に関しては、排気圧力の上昇が大きく入気圧力が低いほど、空気馬力を除いた各性能値の減少率は増大し、かつ、著者が提示した理論式による理論値と実験値とはよく一致することを明らかにした。また、指圧線図より求めたピストン後退行程における

後室排圧仕事量の増加率とピストンストロークの減少率とが直線関係にあることより、ピストンストロークの減少が後室膨張仕事量を減少させるため、打撃速度が低下する結果になることを示し得た。なお、バルブ後退平均速度は排気圧力の上昇とともに低下するが、バルブ前進平均速度は入気圧力が高い場合には極値を生じ、ある排気圧力以上になって減少することがわかった。さらに、膨張空洞型マフラーと構造の異なる共鳴型マフラーは、排気圧力を生じさせず最適であることを明らかにした。

第4章 空気さく岩機の性能におよぼすさく岩機の構造に関する実験的研究

さく岩機はその構造上、ピストンとバルブとは相互制御の関係にあり、したがって、その性能を左右する基本的因子である圧縮空気の入気量および入気の時期の性能への影響について検討した。

前、後室入気通路抵抗を変化させた圧縮空気の入気量に関しては、前室入気通路抵抗を単独に増加させると、ピストンストロークが減少して打撃速度を低下させるため性能は悪くなり、かつ、その抵抗の増加には限界があることがわかった。また、後室入気通路抵抗を単独に、あるいは前室のそれと同時に減少させると、ピストンストロークを除いた各性能値は増加するが、バルブの挙動に対してはその影響が小さいことがわかった。さらに、以上の種々の条件を1つの代表値で評価するため、著者が定義した入気通路抵抗変化率と各性能値変化率との関係を比較した結果、ピストンストローク以外の各性能値変化率は入気通路抵抗変化率の増加とともに増大し、かつ、理論値と実験値とはかなりよく一致することを明らかにし得た。したがって、本実験の範囲外の両抵抗の変化の性能への影響が推定できること、ならびに、さく岩機を設計する場合にはできるだけ圧縮空気を両室に入気させるべきであることを示し得た。

バルブ駆動通路口の位置を変化させた試作シリンダーを用いて検討した圧縮空気の入気の時期に関しては、両室への入気時期を遅らせるほど、打撃速度が増大し性能が向上すること、また、とくに前室バルブ駆動通路口より後室のそれを排気孔に近づけた方が、打撃速度および打撃数を増大させるので穿孔速度が向上することを確かめた。さらに、バルブの前進、後退平均速度は、バルブ駆動通路口の位置に関係なく入気圧力の上昇とともに直線的に増加し、かつ、その通路口が開いたときのシリンダー内の圧力が高く、抵抗側のバルブ室内の排気が十分行なわれるほどバルブ平均速度は大きくなることを示し得た。したがって、さく岩機を設計する場合には、両バルブ駆動通路口の位置のみならず、ピストン全長およびバルブ排気孔の直径などの各寸法をもあわせ考慮すべきであることがわかった。

第5章 正味熱効率および性能指数に関する考察

初めに、さく岩機の寸法諸元以外にピストンの運動を左右するものとして被打撃体を穿孔する場合に生ずる反発力に基づく反発係数と貫入量との2因子の性能への影響を、TV 16型さく岩機の寸法諸元を用いて理論的に検討した。その結果、反発力の増大は打撃数、単位時間当りの打撃エネルギーおよび正味熱効率を向上させ、貫入量の増加はピストンストローク、打撃速度および

打撃エネルギーを主に増大させるが、正味熱効率には影響を与えないことがわかった。

次いで、上の結果をふまえ、さく岩機の性能におよぼす諸因子は相互に組合されて影響をおよぼし合っていることを考慮し、かつ、正味熱効率の向上を期することがさく岩機の性能向上のためには最も重要であることに着目し、さく岩機の性能に関する諸因子と正味熱効率とについての関連性を検討した。

その結果、正味熱効率に関連する諸因子を用い、次元解析によって求められた4つの無次元数の中で、著者が提示した次式で表わされる性能指数が、さく岩機の型式に関係なく正味熱効率を評価する尺度として最適であることを明らかにした。

$$I_p = \frac{P_i \cdot U_s^2 \cdot W}{Q_w^2 \cdot (1-e)}$$

ここに、 I_p は性能指数、 P_i は入気圧力、 U_s は打撃速度、 W はピストンの重量、 Q_w は空気消費量、 e は反発係数である。

また、各種さく岩機のそれぞれの条件における性能指数が求まれば、次の(i)式によって正味熱効率の平均値が、また、(ii)式によってその上限値が推定できることを示し得た。ここに、 η_t は正味熱効率である。

$$\eta_t = 12.25 \log I_p - 103.24 \quad (i)$$

$$\eta_t = 12.25 \log I_p - 101.70 \quad (ii)$$

したがって、性能指数が増加するほど正味熱効率は増加することより、さく岩機の性能をより向上させるためには、性能指数をできるだけ大きくするようにさく岩機各部の寸法を決定すべきであることを明らかにした。この結果、性能指数は、性能のすぐれたさく岩機を設計するための一つの指針を与えるものであることを示し得た。

さらに、反発力に基づく反発係数および貫入量がわかれば、次式の勾配(a)が定まるので、式中の勾配と最大正味熱効率との関係より、さく岩機の型式、入気圧力に関係なく、さく岩機の最大正味熱効率が推定できることがわかった。

$$\eta_t = a \cdot I_p$$

なお、上式の勾配は小さいほど性能指数が大きくなるので、勾配をできるだけ小さく、また、性能指数をできるだけ大きくするようにさく岩機を設計すべきであることを明らかにした。

第6章 結 論

以上、各章で述べたように、空気さく岩機の性能に関する基礎的研究を行なった結果、著者が新たに誘導した性能に関する理論値は実験結果をよく説明することができ、また、さく岩機の性能におよぼす諸因子の影響を明らかにすることができた。さらに、著者が新たに提示した性能指数によって、正味熱効率を向上させる指針をも与えることができた。

これら一連の研究により、さく岩機の性能を向上させるための広範な基礎的資料を求め得たことになり、広く使用されている全自動型バルブを有する空気さく岩機をよりよく設計し、かつ、製作するための大きな知見を得たものと考ええる。

審 査 結 果 の 要 旨

空気さく岩機の性能に関する研究は、穿孔能率の向上のためには極めて重要であり、従来よりこれに関する研究が数多く行われている。しかし、これらの研究は、反動型バルブを有する特定の空気さく岩機に関するものが大半であり、かつ、理論上の不備もあって、一般に多用されている全自動型バルブを持つ空気さく岩機に対しては十分とはいえない現状である。本論文は、全自動型バルブを持つ空気さく岩機の性能の向上をはかることを目的として、理論的ならびに実験的に性能を解明した結果をまとめたもので、全編6章よりなる。

第1章は緒論である。

第2章では、ピストンの運動と全自動型バルブの挙動とを関連させることにより、性能に関連する新しい理論式を求め、ピストンの重量、ピストン前、後室側の受圧面積比およびシリンダー容積などが性能にいかに関与するかを考察し、著者の理論式がこれらに関する既往ならびに著者の実験結果をよく説明し得ることを明らかにしている。これは貴重な成果である。

第3章では、空気消費量、ピストン変位、バルブの挙動、入気圧力およびシリンダー内の空気圧力などを同時に測定できる装置を工夫し、空気圧と性能との関係を実験的に求めた結果について説明している。さらに、これらを用いて、著者は、入気圧力と排気圧力が性能におよぼす影響を詳細に検討し、理論的解析結果と実験結果とがよく一致することを見出している。

第4章では、空気さく岩機の構造に関し、入気の通路抵抗やバルブの駆動通路口を変化させて、入気量および入気の時期が性能にいかに関与するかを実験的に考察している。すなわち、著者が新たに定義した入気通路抵抗変化率が増加するほど、また、シリンダーへの入気時期を遅らせるほど性能値は増大することなど、設計に対する有用な資料を求めている。

第5章では、まず、ピストンの運動を左右するものとして、穿孔に伴って生ずる被打撃体の反発力に基づく反発係数と貫入量との2因子の影響を考察し、次いで、正味熱効率に関連する諸因子を無次元化することにより、新たに性能指数を定義し、これにより正味熱効率の上限値が一義的に定まることを示している。さらに、この性能指数を大きくするように空気さく岩機の構造各部の寸法を決めれば、性能の向上は可能であることを明らかにしている。これは有用な知見である。

第6章は結論である。

以上要するに、本論文は空気さく岩機の性能に関する新しい理論式を提示し、性能におよぼす諸因子の影響、ならびに、性能指数と正味熱効率との関係を明らかにして、空気さく岩機の設計上有用な指針と多くの知見とを与えたもので、資源工学上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。